

Japanese Patent Laid-Open No. 25994/1986

1. Title of the Invention

Turbo molecular pump and method for running the pump

2. Claims

1. A method for running a turbo molecular pump being characterized in that, at the time of running the turbo molecular pump, with respect to a stator of the turbo molecular pump, a portion of the stator which supports stator blades is substantially cooled to a boiling point of liquid nitrogen or a temperature lower than the boiling point.

2. A turbo molecular pump being characterized in that, with respect to a stator of the turbo molecular pump, a jacket formed of liquid nitrogen or a cryogenic liquid having a boiling point lower than a boiling point of the liquid nitrogen is provided to a portion of the stator which supports stator blades.

3. Detailed Description of the Invention

[Industrial Field of the Application]

The present invention relates to a turbo molecular pump and a method for running a turbo molecular pump.

[Prior Art]

As explained in JIS Z 8127 -1981 and disclosed in "Vacuum pump" written by Hiroshi Ishii (Shinku Gijutsu Koza (Lecture on Vacuum Technique), Vol. 2, first edition, February 25, 1965,

published by Nikkan Kogyo Shinbunsha) and "Shinku gijutsu manual" (Vacuum Technique Manual) written by John, Ohalon, translated by Tamotsu Noda and two others, first edition, July 30, 1983, published by Sangyo Tosho Ltd.), the turbo molecular pump is a molecular pump which includes a rotor having turbine-like blades and a stator having turbine-like blades. The turbo molecular pump is a kind of a momentum transportation type vacuum pump which is particularly effective for the gas transportation in a molecular flow region.

To explain the general constitution of one example of the turbo molecular pump in conjunction with Fig. 1, in the inside of a stator 11 having a cylindrical inner surface 10, a rotor 13 having a cylindrical outer surface 12 is housed such that the rotor 13 shares a same vertical axis A with the stator. In the inside of a pump space 14 having an annular cross section defined between the inner surface 10 of the stator 11 and the outer surface 12 of the rotor 13, a large number of rotor blades 15 are projected from the rotor outer surface 12 in a radially outward direction and a large number of stator blades 16 are projected from the stator inner surface 10 in a radially inward direction. The rotor blades 15 are arranged in some stages (12 stages in a case shown in the drawing) in the axial direction in a sequentially spaced-apart manner from each other, and each stage of the rotor blades 15 is constituted of a large number of rotor blades 15 which are sequentially spaced apart from

each other equidistantly in the circumferential direction. The stator blades 16 are arranged in some stages (12 stages in a case shown in the drawing) in the axial direction in a sequentially spaced-apart manner from each other in an arrangement that the stage of rotor blades 15 is interposed between each two stages of the stator blades 16, and each stage of the stator blades 16 is also constituted of a large number of stator blades 16 which are sequentially spaced apart from each other equidistantly in the circumferential direction. An intake port 17 which is communicated with an upper portion of the pump space 14 and a discharge port 18 which is communicated with a lower portion of the pump space 14 are formed in the stator 11. The rotor 13 is connected to a motor 19 and is rotated at a high speed about the axis A by driving the motor 19.

In Fig. 2, a portion of the arrangement of the rotor blades 15 and the stator blades 16 in the pump space 14 is shown in a developed form. In Fig. 2, an arrow B indicates a gas transportation direction which is directed from the intake port 17 to the discharge port 18, while an arrow C indicates an advancing direction of the rotor blades 15 when the rotor 13 is rotated. In this drawing, two stages of rotor blades among some stages of rotor blades and two stages of stator blades among some stages of stator blades are shown. Further, among a large number of blades which are included in each stage, five

blades are shown in the drawing for each stage. Each blade 15, 16 is formed of a single flat plate and is directed to be inclined with respect to the gas transportation direction B and the rotor blade advancing direction C. To be more specific, the rotor blades 15 are directed such that ends of the rotor blades 15 in the direction opposite to the gas transportation direction B, that is, ends 20 of the rotor blades 15 at the intake port 17 side lead ends of the rotor blades 15 in the gas transportation direction B, that is, ends 21 of the rotor blades 15 at the discharge port 18 side with respect to the rotor blade advancing direction C. Further, the stator blades 16 are directed such that ends of the stator blades 16 in the gas transportation direction B, that is, ends 22 of the stator blades 16 at the discharge port 18 side lead ends of the stator blades 16 in the direction opposite to the gas transportation direction B, that is, ends 23 of the stator blades 16 at the intake port 17 side with respect to the rotor blade advancing direction C.

Due to such an arrangement of the blades 15, 16, when the rotor 13 is rotated at a rate of 20,000 to 60,000 rotations per minute, particularly in the molecular flow region, gas molecules which impinge on the surfaces of the rotor blades 15 and the stator blades 16 receive momentum mainly in the direction from the intake port 17 side to the discharge port 18 side at the time of impingement. Accordingly, as a whole,

the gas is transported in the direction indicated by B while being compressed.

(Problem to be Solved by the Present Invention)

In the above-mentioned turbo molecular pump, conventionally, the compression ratio (that is, discharge-side pressure/intake-side pressure) for a light-weighted gas having a small molecular weight such as hydrogen is extremely small. Accordingly, when a gas to be transported contains a light-weighted gas, the minimum pressure that the turbo molecular pump can reach at the intake side is dominated by the small compression ratio of the light-weighted gas so that there has been a drawback that it is difficult to sufficiently reduce the minimum pressure. To overcome this drawback, it may be considered that the advancing speed of the rotor blades is increased by increasing the rotational speed of the rotor whereby the compression ratio is increased. However, as mentioned previously, the rotational speed of the rotor has been already considerably large and hence, if the rotational speed would be further increased, the turbo molecular pump has to undergo restrictions with respect to the strength of the rotor, the strength of bearings, the torque of the motor, the control of the motor and the like. Accordingly, the increase of the rotational speed is difficult from a practical point of view.

(Means for Solving the Problems)

To solve the above-mentioned conventional problems, the present invention makes use of a following known relationship.

"By setting the molecular weight of a gas molecule to m , the Boltzmann constant to k and the absolute temperature of gas to T , the most probable speed V_g of the gas molecule is given by a following equation.

$$V_g = \sqrt{2kT / m}$$

In the turbo molecular pump, when the advancing speed of the rotor blades is set to V_g and the blade speed ratio S is defined by a following equation,

$$s = V_b / V_g = V_b / \sqrt{2kT / m}$$

with respect to the normally used rotor speed and a normal gas, a following relationship is established between the blade speed ratio S and the compression ratio K .

$$K \cong \exp (aS) \quad a: \text{positive constant}$$

Accordingly, in proportion to the increase of the blade speed ratio S , the compression ratio K is increased."

According to this relationship, it is understood that, in place of increasing the advancing speed V_b of the rotor blades by increasing the rotational speed of the rotor, when the absolute temperature T of the gas is lowered, the compression ratio K can be increased. As means for lowering the absolute temperature T of the gas, means which cools the stator blades or the rotor blades on which the gas molecules impinge is considered. It is further preferable to cool both

of them. However, in practice, when the rotor blade is cooled, the frosting occurs on the rotors so that there is a possibility that the dynamic balance of the rotor is damaged. Accordingly, the present invention adopts the cooling of the stator blades.

In practice, the cooling of the stator blades can be achieved by cooling a portion of the stator which supports the stator blades. As a cooling medium, the use of liquid nitrogen or a cryogenic liquid having a boiling point lower than a boiling point of the liquid nitrogen is preferable in view of the simplicity of structure and the easy manipulation or in view of the ability to cool the gas to a sufficiently low temperature. Further, a proper gas-cooling-type refrigerating machine can be also used.

In this manner, according to this embodiment, to eliminate the above-mentioned conventional problems, firstly, there is provided "a method for running a turbo molecular pump being characterized in that, at the time of running the turbo molecular pump, with respect to a stator of the turbo molecular pump, a portion of the stator which supports stator blades is substantially cooled to a boiling point of liquid nitrogen or a temperature lower than the boiling point".

Secondly, there is provided "a turbo molecular pump being characterized in that, with respect to a stator of the turbo molecular pump, a jacket formed of liquid nitrogen or a cryogenic liquid having a boiling point lower than a boiling

point of the liquid nitrogen is provided to a portion of the stator which supports stator blades".

(Manner of Operation)

According to the above-mentioned method for running the turbo molecular pump and the turbo molecular pump of the present invention, with respect to the stator, the portion which supports the stator blades is substantially cooled to the cryogenic state which is at least lower than the boiling point 77K of the liquid nitrogen with the use of the liquid nitrogen or the cryogenic liquid having the boiling point lower than the boiling point of the liquid nitrogen. Accordingly, the stator blades which are supported on this portion are also cooled cryogenically at the same degree. Therefore, the gas which is transported by the turbo molecular pump is cooled when the molecules impinge on the stator blades and hence, the absolute temperature of the molecules is lowered whereby the most probable speed V_g of the gas molecules is lowered, the blade speed ratio S is increased and the compression ratio K is also increased. Accordingly, the minimum pressure which can be attained at the intake side of the turbo molecular pump can be reduced.

(Embodiment)

An embodiment of the turbo molecular pump according to the present invention has the above-mentioned general structure which is exactly same as the general structure which

is explained previously in conjunction with Fig. 1 and Fig. 2. According to the present invention, in a stator 11, on a portion which supports stator blades 16 and is brought into close contact with the stator blades 16 with a favorable heat transfer relationship, for example, on an outer surface 25 of a spacer 24, outer threads are formed. On an inner side surface 28 of an annular liquid nitrogen vessel 27 having a liquid nitrogen intake/discharge port 26, inner threads are formed. The vessel 27 is mounted on the spacer 24 in a favorable heat transfer relationship by the thread engagement between the above-mentioned outer threads and inner threads. The above-mentioned liquid nitrogen vessel 27 constitutes a jacket of liquid nitrogen.

In operating the above-mentioned turbo molecular pump, the liquid nitrogen is filled into the inside of the vessel 27 through the liquid nitrogen intake/discharge port 26 so that the spacer 24 is cooled in a cryogenic state with the use of the liquid nitrogen. Further, the stator blades 16 which are in the heat transfer relationship with the stator 24 is also cooled in a cryogenic state and the rotor 13 is rotated at high speed by driving a motor 19. Then, the gas is transported from the intake port 17 to the discharge port 18 while being compressed. In such a transfer of the gas, since the stator blades 16 are cooled, the high compression ratio can be obtained.

In such a turbo molecular pump, it is evident that even when the cryogenic liquid such as liquid helium having the boiling point lower than the boiling point of the liquid nitrogen is used in place of the liquid nitrogen, the similar advantageous effect can be obtained. Further, by making the surface of the stator coarse, the cooling effect of the gas can be further enhanced.

[Advantages of the Invention]

According to the turbo molecular pump and the method for running the turbo molecular pump according to the present invention, with the use of the liquid nitrogen or the cryogenic liquid having the boiling point lower than the boiling point of the liquid nitrogen, the stator blades are cooled cryogenically through the stator portion which supports the stator blades and hence, the gas temperature of the gas molecules which impinge on the stator blades is lowered. Along with the lowering of the gas temperature, the previously-mentioned blade speed ratio S of the turbo molecular pump is increased and the compression ratio K is also increased corresponding to the increase of the blade speed ratio S .

In this manner, according to the present invention, the compression ratio larger than the conventional compression ratio can be achieved in the turbo molecular pump. This advantageous effect can be obtained also with respect to the light-weighted gas such as hydrogen. Accordingly, also with

respect to the gas which contains the light-weighted gas, the minimum pressure which is attainable at the intake side of the turbo molecular pump can be set to a value lower than the conventional pressure value.

According to the finding made by an experiment, in a turbo molecular pump having a diameter of 0.1 m, 12 stages of rotor blades, 12 stages of stator blades and a rotational speed of 50,000 rpm, when the liquid nitrogen was accommodated in a jacket (vessel) which arranges a stator-blade support portion as shown in Fig. 1 and then the transportation of hydrogen gas was performed, the compression ratio was increased approximately 45 to 105 times in the molecular flow region compared to the conventional value of approximately 10^3 which is obtained without performing the cooling using liquid nitrogen. Here, the discharge speed of the turbo molecular pump was increased about 1.4 to 1.8 times compared to the conventional discharge speed.

4. Brief Description of the Drawings.

Fig. 1 is a vertical cross-sectional view of an embodiment of a turbo molecular pump according to the present invention and Fig. 2 is a view showing the arrangement of rotor blades and stator blades in the inside of a pump space in the turbo molecular pump shown in Fig. 1.

In the drawings, numeral 11 indicates a stator, numeral 13 indicates a rotor, numeral 15 indicates rotor blades,

numeral 16 indicates stator blades, numeral 17 indicates an intake port, numeral 18 indicates a discharge port, numeral 24 indicates a portion which supports the stator blades and numeral 27 indicates a jacket formed of cryogenic liquid.

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑪ 公開特許公報(A)

昭61-25994

⑫ Int. Cl.

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 昭和61年(1986)2月5日

F 04 D 19/04

8649-3H

審査請求 未請求 発明の数 2 (全5頁)

⑭ 発明の名称 ターボ分子ポンプおよびその運転方法

⑮ 特 願 昭59-144391

⑯ 出 願 昭59(1954)7月13日

⑰ 発 明 者 楠 本 淑 郎 茅ヶ崎市東海岸2-4-48 コーポ城南2号
⑱ 発 明 者 山 川 洋 郎 茅ヶ崎市浜之郷359-11
⑲ 発 明 者 寺 澤 実 浩 平塚市板根間263の1 コーポやわら203
⑳ 出 願 人 日本真空技術株式会社 茅ヶ崎市秋園2500番地
㉑ 代 理 人 弁理士 八木田 茂 外2名



図 面 番 号

⑰ 発明の名称

ターボ分子ポンプおよびその
運転方法

⑱ 特許請求の範囲

1 ターボ分子ポンプを運転する際に、ターボ分子ポンプのステータのうち、スチータ羽根を支持する部分を、真空中液体蒸気の抽出またはこれよりも低い温度まで冷却することを特徴とするターボ分子ポンプの運転方法。

2 ターボ分子ポンプのステータのうち、スチータ羽根を支持する部分で、液体蒸気またはこれよりも低い温度の冷却媒体のジャケットを設備したことを特徴とするターボ分子ポンプ。

⑳ 発明の詳細な説明

(本発明の利用分野)

この発明は、ターボ分子ポンプおよびその運転方法に関する。

(従来の技術)

ターボ分子ポンプは、JTB 5 F / 27-1 / 15 /

に説明され、また石井博雄「真空ポンプ」(真空技術要覧第2巻、昭和40年2月25日初版、日刊工業新聞社発行)およびジョン・F・オハロン著、野田保他1名訳「真空技術マニュアル」(昭和51年7月10日初版、産業図書株式会社発行)に開示されているように、タービン形の羽根を円筒状のステータからなる分子ポンプであつて、分子蒸気領域での気体輸送に極めて有効な、運動量伝達式真空ポンプの一種である。

その一例の一般的構造について、図1図を参照し、図2が説明すると、円筒状の内面10を有するステータ11の中に、円筒状の外周12を有するロータ13が、ステータと同一の軸直線Δを有するように収容される。ステータ11の内面10とロータ13の外周12との間の環状断面のポンプ腔14の中心には、ロータ外面12から半径方向内外向きに多くのロータ羽根15が突出し、ステータ内面10から半径方向内外向きに多くのステータ羽根16が突出する。ロータ羽根15は、軸線方向に順次相離れたいくつかの段(図示の例では12

と)として配列され、ロータ羽根/3の各段は、周方向に等間隔に順次相越れた多くのロータ羽根/5からなる。ステータ羽根/6は、軸流方向にロータ羽根/5の段と1つ置き配列で順次相越れたいくつかの段(図示の例では/2段)として配列され、ステータ羽根の各段も、周方向に等間隔に順次相越れた多くのステータ羽根/6からなる。ステータ/1には、ポンプ腔間/4の上方に通過する排気口/7と、ポンプ腔間/4の下方に通過する排気口/8とが取り付けられる。ロータ/3は、モータ/9に連結され、モータ/9の駆動によつて軸線を中心として高速回転する。

第1図では、ポンプ腔間/4におけるロータ羽根/5およびステータ羽根/6の配置の一部分が展開図示される。第1図において、矢印3は、排気口/7から排気口/8へ向う流体輸送方向を示し、矢印1は、ロータ/3が回転するときロータ羽根/5が進行する方向を示す。この図には、いくつかのロータ羽根/5のうちの1段といくつかのステータ羽根/6のうちの1段とが図示され、ま

特開461-25894(2)

な各羽根段に含まれる多くの羽根のうちの各1個が図示される。各羽根/5, /6は平面を一枚板であつて、流体輸送方向およびロータ羽根進行方向に対して傾斜するように指向される。詳しく言えば、ロータ羽根/5は、その流体輸送方向と反対方向の軸すなわち排気口/7の側の縁/10が、ロータ羽根進行方向/9について、流体輸送方向/8の縁すなわち排気口/8の側の縁/11よりも先行するように指向され、また、ステータ羽根/6は、流体輸送方向/8の軸すなわち排気口/8の側の縁/12が、ロータ羽根進行方向/9について、流体輸送方向/8と反対方向の軸すなわち排気口/7の側の縁/13よりも先行するように指向される。

このような羽根/5, /6の配置によれば、ロータ/3を例えば毎分20,000~4,000回転させたときに、特に分子流領域において、ロータ羽根/5およびステータ羽根/6の段間に衝突する気体分子が、衝突の際に、空として排気口/7の側から排気口/8の側へ向うような運動量

を受け、これによつて、全体として右で示したより右方向に、流体が圧縮されながら輸送される。(説明が簡明しようとする試み点)

上述したターボ分子ポンプは、従来、特に水素のような分子量の小さい軽気体に対する圧縮比(すなわち、排気側圧力/吸入側圧力)が著しく小さく、従つて、輸送すべき流体が極軽気体を含むしていれば、ターボ分子ポンプの低気体で潤滑できる駆動力が、軽気体の小さい圧縮比に支配されて、充分に強くはならぬ、という欠点を有する。この欠点を除去するために、ロータの回転速度を上げてロータ羽根の進行速度を大にし、これによつて圧縮比を増大させることも考えられるが、前述したようにロータの回転速度はすでにかなり大いので、これをさらに増大させることは、ロータの強度、駆動の装置、モータのトルク、モータの冷却などの面で制約を受けて、技術的に困難である。

(問題点を解決するための手段)

上述した従来の欠点を解決するために、この発

明では、

「気体分子の分子量を m 、ボルツマンの定数を k 、流体の絶対温度を T としたときに、気体分子の最速速度 v_g は

$$v_g = \sqrt{2kT/m}$$

で与えられ、ターボ分子ポンプにおいては、ロータ羽根の進行速度を v_g としたときに

$$\beta = v_g/v_g - v_g/\sqrt{2kT/m}$$

で与えられる羽根速度比 β と、圧縮比 β とに、通常採用されるロータ速度および通常の流体について

$$\beta \approx 0.33 \quad (\beta > 0), \quad \beta \text{ は正の定数}$$

が成立つて、 β を増大させれば β も増大する」という公知の関係が利用される。この関係によれば、ロータの回転速度を上げてロータ羽根の進行速度 v_g を上昇させる代りに、流体の絶対温度 T を低下させても圧縮比 β が増大することが判る。流体の絶対温度 T を低下させる手段としては、気体分子が衝突するステータ羽根またはロータ羽根を冷却することが考えられ、これら両者を共に冷

おすればさらに定ましが、蒸気圧は、ロータ羽根を冷却するようにしたとすると、ロータ羽根が付着してその動力学的平衡が失われなかられるがある、従つてステータ羽根を冷却するとが、この発明では採用される。

蒸気圧上、ステータ羽根を冷却は、ステータのうちの、ステータ羽根を支持する部分を冷却することによつて達成でき、冷却媒体としては、蒸気の温度が適当で成作が容易であるという点から見て、また充分に低い温度に冷却できるという点から見て、液体窒素またはこれよりも沸点の低い冷却媒体を利用することが適切である。また適当なガス冷却式の冷媒機も利用できる。

かくして、この発明によれば、前述したような従来の欠点を除去するために、図1には、「ターボ分子ポンプを運転する際に、ターボ分子ポンプにステータのうちの、ステータ羽根を支持する部分を、蒸気上液体窒素の沸点またはこれよりも低い温度まで冷却することを特徴とするターボ分子ポンプの運転方法」が提供され、

特開昭61-25984(3)

図2には、「ターボ分子ポンプのステータのうちの、ステータ羽根を支持する部分に、液体窒素またはこれよりも沸点の低い冷却媒体のジャケットを設けたことを特徴とするターボ分子ポンプ」が提供される。

(作用)

上述したよりなこの発明によるターボ分子ポンプの運転方法およびターボ分子ポンプによれば、ステータのうちの、ステータ羽根を支持する部分が、液体窒素またはこれよりも沸点の低い冷却媒体によつて、少くとも液体窒素の沸点77Kより低い保冷状態まで実質上冷却され、従つてこの部分で支持されるステータ羽根も同じ程度まで保冷される。よつて、ターボ分子ポンプによつて輸送される気体は、その分子がステータ羽根に衝突する際に冷却されて、その絶対温度が低下し、これによつて、気体分子の平均速度 \bar{v} が低下し、羽根速度比 β が増大し、圧縮比も増大する。かくして、ターボ分子ポンプの真空中到達できる最低圧力が低くなる。

(実施例)

この発明によるターボ分子ポンプの実施例は、図1図2および図3図4について前述したと全く同様の一般原理を有する。この発明によれば、ステータ1のうちの、ステータ羽根11を支持しかつこれに昇降熱伝導関係で密着する部分、例えばスーパーアライメント、外周部12に外ねじが形成される。液体窒素は入口13を有する円筒状の液体窒素容器14の内周面15には、内ねじが形成され、容器14は、前記外ねじと内ねじのねじ係合によつて、スーパーアライメントと昇降熱伝導関係で取付けられる。上述の液体窒素容器14は液体窒素のジャケットを構成する。

上述したターボ分子ポンプを駆動させる際には、液体窒素は入口13を介して液体窒素を容器14の中心に収容して、この液体窒素によつてスーパーアライメントを冷却し、さらにこれと熱伝導関係にあるステータ羽根11を冷却し、ターボ17の作用によつてロータ18を高速度回転させる。かくすると、気体は吸気口19から排気口20へ向つて圧縮さ

れながら輸送される。その際、ステータ羽根11が冷却されているので、高い圧縮比を得ることが出来る。

かかるターボ分子ポンプにおいて、液体窒素の代りに、これよりも沸点の低い冷却媒体例えば液体ヘリウムを採用しても同様の効果が得られることは明らかである。また、ステータの温度を更に低くすれば、吸気口の冷却効果がさらに良くなる。

(発明の効果)

この発明によるターボ分子ポンプおよびその運転方法によれば、液体窒素またはこれよりも沸点の低い冷却媒体によつて、ステータ羽根を支持するステータ部分を介してステータ羽根が保冷されるから、ステータ羽根に衝突する気体分子の気体温度が低下する。気体温度の低下によつてターボ分子ポンプの前述した羽根速度比 β が増大し、これに伴つて圧縮比も増大する。

かくして、この発明によつて、従来よりも大きな圧縮比がターボ分子ポンプにおいて達成され、このことは水素のようを高真空度についても成立

(4)

特開昭61-25994(4)

つ、故に凝縮気体を排出するような構造についても、ターボ分子ポンプの限気側で到達できる凝縮圧力が従来よりも低くなる。

実験的に見出した点によれば、直径φ10、ロータ羽根12枚、メータ羽根12枚、図面数がそれぞれ0.000回のターボ分子ポンプにおいて、そのメータ羽根翼端部分を第1図のような配位のジャケット（冷却）に液体窒素を噴霧して、気体窒素の輸送を行なった場合に、圧縮率は、液体窒素による冷却を行なわない従来の約10³と比べて、分子流領域で約5〜10⁵倍だけ増大した。なお、この際ターボ分子ポンプの排気速度は約1.4〜1.5倍だけ従来のものより増大した。

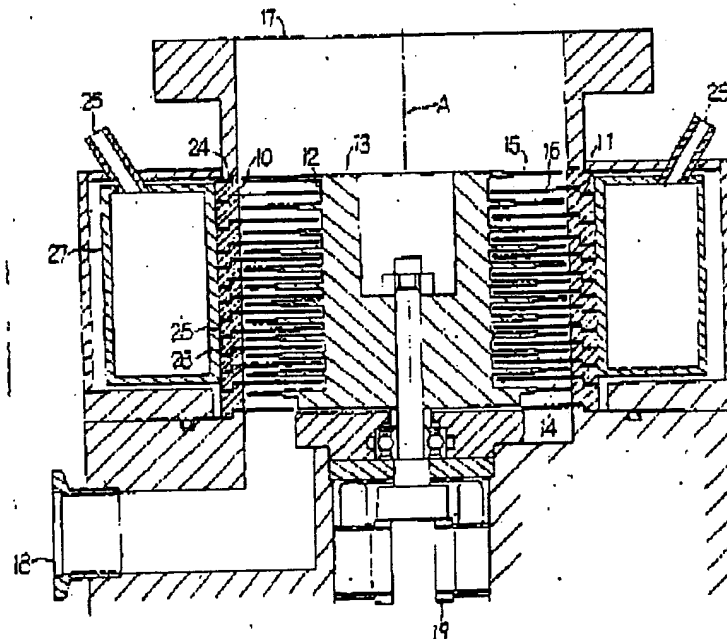
※図面の簡単な説明

第1図はこの発明によるターボ分子ポンプの一例の断面図、第2図は第1図のターボ分子ポンプにおけるポンプ空間の中心ロータ羽根およびメータ羽根の配位を示す図である。

図において、11はメータ、12はロータ、13はロータ羽根、14はメータ羽根、17は

排気口、18は排気口、19はメータ羽根を支持する部分、27は排気口のジャケットを示す。

第1図



(3)

特開第61-25994(5)

第2図

